

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

#2

JC857 U.S. Pro
10/06/39
03/05/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日
Date of Application: 2001年 3月 5日

出願番号
Application Number: 特願2001-060242
[ST.10/C]: [J P 2001-060242]

出願人
Applicant(s): 富士ゼロックス株式会社

2002年 1月 11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2001-3113266

【書類名】 特許願

【整理番号】 FE00-01965

【提出日】 平成13年 3月 5日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 5/20 101

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 清水 敬司

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 大津 茂実

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 谷田 和敏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 坂 英一

【特許出願人】

【識別番号】 000005496

【氏名又は名称】 富士ゼロックス株式会社

【代理人】

【識別番号】 100079049

【弁理士】

【氏名又は名称】 中島 淳

【電話番号】 03-3357-5171

【選任した代理人】

【識別番号】 100084995

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 和詳

【電話番号】 03-3357-5171

【選任した代理人】

【識別番号】 100085279

【弁理士】

【氏名又は名称】 西元 勝一

【電話番号】 03-3357-5171

【選任した代理人】

【識別番号】 100099025

【弁理士】

【氏名又は名称】 福田 浩志

【電話番号】 03-3357-5171

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006839

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9503326

【包括委任状番号】 9503325

【包括委任状番号】 9503322

【包括委任状番号】 9503324

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路形成方法、これに用いる電着液および光導波路製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁性基板上に導電性薄膜および光半導体薄膜をこの順に積層した光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記光導波路作製基板の少なくとも前記光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出形成する工程を含む光導波路形成方法。

【請求項2】 絶縁性基板上に、導電性薄膜、光半導体薄膜および剥離層をこの順に積層した着膜基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記着膜基板の少なくとも光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出形成する工程、および前記の析出した材料を光導波路用基板上に転写する工程を含む、光導波路形成方法。

【請求項3】 クラッド層用電着液を用い、クラッド層を形成した後、形成したクラッド層を乾燥させることなく、コア層用電着液を用い、コア層を形成することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光導波路形成方法。

【請求項4】 形成したクラッド層およびコア層を乾燥させることなく、クラッド層用電着液を用い、コア層の上にさらにクラッド層を形成することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項5】 クラッド層の形成において、光照射することなく、光導波路作製基板または着膜基板の光半導体薄膜のもつショットキーバリアーを超える電圧を印加することによって、全面にクラッド層を電着形成することを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項6】 光導波路作製基板または着膜基板が、導電性基板上に光半導体薄膜を形成したものであることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項7】 導電性材料が、鉄及びその化合物、ニッケル及びその化合物、亜鉛及びその化合物、銅及びその化合物、チタン及びその化合物、及びこれらの混合材料より選択される少なくとも一種である請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項8】 絶縁性基板上に導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜を設けた光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記光導波路作製基板の少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記膜形成材料を析出形成する工程を含む光導波路形成方法。

【請求項9】 絶縁性基板上に、導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜および剥離層をこの順に積層した着膜基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記着膜基板の少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記膜形成材料を析出形成する工程、および前記の析出した膜形成材料を光導波路用基板上に転写する工程を含む、光導波路形成方法。

【請求項10】 前記pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料が高分子材料であることを特徴とする請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項11】 前記クラッド層用電着液が前記高分子材料を含み、かつ、前記コア層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が高い微粒子を含有することを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項12】 前記コア層用電着液が前記高分子材料を含み、かつ、前記クラッド層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が低い微粒子

を含有することを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項13】 前記クラッド層用電着液が前記高分子材料および前記高分子材料より屈折率が低い微粒子を含有し、かつ、前記コア層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が高い微粒子を含有することを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項14】 前記光導波路作製基板を陽極電極とし、かつ電着電圧が5V以下である請求項1ないし請求項13のいずれか1項に記載の光導波路形成方法。

【請求項15】 pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む電着液であって、前記膜形成材料が、疎水性基と親水性基を有し、疎水基の数が、親水基と疎水基の総数の30%から80%の範囲にある高分子材料であることを特徴とする請求項1ないし請求項14のいずれか1項に記載の光導波路形成方法に用いるための電着液。

【請求項16】 さらに、屈折率調節のための微粒子を含むことを特徴とする請求項15に記載の電着液。

【請求項17】 光を照射するための光源、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズを有する結像光学系、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズの間に挿入したフォトマスク、対向電極、バイアス電圧を印加可能な手段、および電着液を収納した電着槽を備えた光導波路製造装置であって、前記光導波路作製用基板または着膜基板の少なくとも光半導体薄膜が電着液に接触するように、電着槽に配置することを特徴とする、請求項1ないし請求項7、請求項10ないし請求項14のいずれか1項に記載の方法により光導波路を作製するための光導波路製造装置。

【請求項18】 対向電極、バイアス電圧を印加可能な手段、および電着液を収納した電着槽を備えた光導波路製造装置であって、前記光導波路作製用基板または着膜基板の少なくとも導電性薄膜が電着液に接触するように、電着槽に配置することを特徴とする、請求項8または請求項9、請求項10ないし請求項14のいずれか1項に記載の方法により光導波路を作製するための光導波路製造装

置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高分子材料を用いた光導波路形成方法に関するものであり、一般光学や微小光学分野で、また光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等に利用できる。

【0002】

【従来の技術】

光導波路は、石英、ガラス、酸化物強誘電体等の無機材料、高分子材料などが用いられている。これらの中で高分子材料は無機材料に比較して、スピンドル法やディップ法等による薄膜形成が容易であり、面積の大きい光導波路を作製するのに適している。またこの方法によれば、膜形成に際して高温での熱処理工程を含まないので、石英等の無機ガラス材料と比べて高分子材料は、半導体基板やプラスチック基板等高温での熱処理が困難な基板上にでも光導波路を作製できるという利点がある。さらに、高分子材料の柔軟性や強靭性を活かしたフレキシブルな光導波路の作製も可能である。こうしたことから、光通信の分野で用いられる光集積回路や、光情報処理の分野で用いられる光配線板等の光導波路部品を、光学用高分子材料を用いて大量・安価に製造することが期待されている。

光学用高分子材料は、耐熱性や耐湿性等の耐環境性の点で問題があるとされてきたが、近年は改善が進んでいる。また感光性高分子あるいはレジストを用いた方法は、非常に簡易で、量産性にも優れている。

【0003】

ところが、従来は、感光性材料として室温で固体の高分子材料を用いていたので、厚膜にすると、紫外領域や可視領域における散乱が多くなって光透過特性が劣化し、特に厚膜におけるパターンの信頼性が低く、硬化した際の解像度が悪くなるため、作製された光導波路の損失にも悪影響を与えていた。また、透明性に関しては、材料の吸収損失等の低減が配慮されていないため、導波路損失も高いという欠点を有していた。このためこのような感光性材料を用いて作製された光

部品等は実用性の面から不十分なものであった。

これを解決する手段として、室温で固体の高分子材料ではなく液状の光硬化性樹脂を用いてパターン化する方法が考えられた。しかし、かかる材料は流動性があるため、樹脂を塗布した後に塗布膜厚が変化したりして、光導波路を再現性よく、かつ制御性よく作製することができなかった。さらに感光性材料を用いた方法はエッチング処理などの手間がかかり、有害なアルカリ廃液が大量に発生する上に工数がかさむ難点があった。

【0004】

一方、本発明者等は、先に着色材を含む電着材料を用い、低電圧印加で電着あるいは光電着させることにより、解像度に優れた画像形成方法およびカラーフィルターの製造方法を提供したが、これらは特開平10-119414号公報、特開平11-189899号公報、特開平11-15418号公報、特開平11-174790号公報、特開平11-133224号公報、特開平11-335894号公報等に詳細に開示されている。これらの画像形成方法およびカラーフィルターの製造方法は、簡易な方法で着色膜を解像度よく形成することを特長とするが、主として、液晶表示装置等の表示装置の分野において応用されている技術である。

これに対し、光導波路は、光通信等の分野における技術であり、表示装置の分野とは異なる他、前記のように、光導波路は、誘電体材料あるいは感光性材料を、フォトリソグラフィー法を含む複雑な工程を経て微細加工することにより作製されており、光導波路をフォトリソグラフィー法などの複雑な工程を用いない電着法により作製しようとする試みはなされていないのが現状である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明はこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、解像度に優れた微細パターン形成を簡易に行なえ、有害廃液が少ない、電着法または光電着法を用いることにより、精度のよい光導波路を簡易にまた量産性よく作製する方法およびその装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

前記課題は、以下の光導波路形成方法、そのための電着液および光導波路製造装置を提供することにより解決される。

(1) 絶縁性基板上に導電性薄膜および光半導体薄膜をこの順に積層した光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記光導波路作製基板の少なくとも前記光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出形成する工程を含む光導波路形成方法。

(2) 絶縁性基板上に、導電性薄膜、光半導体薄膜および剥離層をこの順に積層した着膜基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記着膜基板の少なくとも光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出形成する工程、および前記の析出した材料を光導波路用基板上に転写する工程を含む、光導波路形成方法。

【0007】

(3) クラッド層用電着液を用い、クラッド層を形成した後、形成したクラッド層を乾燥させることなく、コア層用電着液を用い、コア層を形成することを特徴とする前記(1)または(2)に記載の光導波路形成方法。

(4) 形成したクラッド層およびコア層を乾燥させることなく、クラッド層用電着液を用い、コア層の上にさらにクラッド層を形成することを特徴とする前記(1)ないし(3)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(5) クラッド層の形成において、光照射することなく、光導波路作製基板または着膜基板の光半導体薄膜のもつショットキーバリアーを超える電圧を印加することによって、全面にクラッド層を電着形成することを特徴とする前記(1)ないし(4)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

【0008】

(6) 光導波路作製基板または着膜基板が、導電性基板上に光半導体薄膜を形成したものであることを特徴とする前記(1)ないし(5)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(7) 導電性材料が、鉄及びその化合物、ニッケル及びその化合物、亜鉛及びその化合物、銅及びその化合物、チタン及びその化合物、及びこれらの混合材料より選択される少なくとも一種である前記(1)ないし(6)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

【0009】

(8) 絶縁性基板上に導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜を設けた光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記光導波路作製基板の少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記膜形成材料を析出形成する工程を含む光導波路形成方法。

(9) 絶縁性基板上に、導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜および剥離層をこの順に積層した着膜基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、前記着膜基板の少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記膜形成材料を析出形成する工程、および前記の析出した膜形成材料を光導波路用基板上に転写する工程を含む、光導波路形成方法。

【0010】

(10) 前記pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料が高分子材料であることを特徴とする前記(1)ないし(9)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(11) 前記クラッド層用電着液が前記高分子材料を含み、かつ、前記コア層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が高い微粒子を含有することを特徴とする前記(1)ないし(10)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(12) 前記コア層用電着液が前記高分子材料を含み、かつ、前記クラッド層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が低い微粒子を含有することを特徴とする前記(1)ないし(10)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(13) 前記クラッド層用電着液が前記高分子材料および前記高分子材料より屈折率が低い微粒子を含有し、かつ、前記コア層用電着液が該高分子材料および該高分子材料より屈折率が高い微粒子を含有することを特徴とする前記(1)ないし(10)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

(14) 前記光導波路作製基板を陽極電極とし、かつ電着電圧が5V以下である前記(1)ないし(13)のいずれか1に記載の光導波路形成方法。

【0011】

(15) pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む電着液であって、前記膜形成材料が、疎水性基と親水性基を有し、疎水基の数が、親水基と疎水基の総数の30%から80%の範囲にある高分子材料であることを特徴とする前記(1)ないし(14)のいずれか1に記載の光導波路形成方法に用いるための電着液。

(16) さらに、屈折率調節のための微粒子を含むことを特徴とする前記(15)に記載の電着液。

【0012】

(17) 光を照射するための光源、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズを有する結像光学系、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズの間に挿入したフォトマスク、対向電極、バイアス電圧を印加可能な手段、および電着液を収納した電着槽を備えた光導波路製造装置であって、前記光導波路作製用基板または着膜基板の少なくとも光半導体薄膜が電着液に接触するように、電着槽に配置することを特徴とする、前記(1)ないし(7)、(10)ないし(14)のいずれか1に記載の方法により光導波路を作製するための光導波路製造装置。

(18) 対向電極、バイアス電圧を印加可能な手段、および電着液を収納した電着槽を備えた光導波路製造装置であって、前記光導波路作製用基板または着膜基板の少なくとも導電性薄膜が電着液に接触するように、電着槽に配置することを

特徴とする、前記(8)または(9)、(10)ないし(14)のいずれか1に記載の方法により光導波路を作製するための光導波路製造装置。

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明は、光導波路を、前記特開平10-119414号公報、特開平11-189899号公報、特開平11-15418号公報、特開平11-174790号公報、特開平11-133224号公報、特開平11-335894号公報等に記載の電着法あるいは光電着法を用いて形成するものである。

【0014】

この電着法とは、基本的に、絶縁性基板上にパターン状の導電性薄膜を設けたものに、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、少なくとも前記導電体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記材料を析出させる方法である。

また、光電着法は、光半導体薄膜に生ずる光起電力を利用するもので、絶縁性基板上に導電性薄膜および光半導体薄膜をこの順に積層したものを、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、少なくとも前記光半導体薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記光半導体薄膜の選択領域に光を照射することにより選択領域の光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜の選択領域に前記材料を析出させる方法である。

【0015】

これらの電着法および光電着法を用いることにより、高電圧を印加することなく(5V以下)、微細なパターンを有する光導波路を精度よく形成することができる。また、従来の感光性樹脂を用いる光導波路の作製法では、基板に膜厚を精度よく制御して塗布する必要があり、またエッティングによりアルカリ廃液を出すなどの問題があったが、本発明によれば、光照射時間または電圧印加時間を調節することによってコア層とクラッド層の膜厚が容易に制御でき、また、パターン形成のためのエッティング処理も不用で環境に対する負荷も小さい。

【0016】

さらに、現在、電子回路と光回路を混載した基板を作製する試みがなされているが、従来の方法では、どちらか先に形成した回路が、次に形成する回路のパターニング時のエッチングにより傷む恐れがあるが、本発明の光電着法による光導波路の形成方法ではエッチング工程がないのでこのような問題も避けられる。

このように、本発明の光導波路の作製は簡易な方法であるので、量産化が可能で、量産性が要求される光導波路型部品の製造に有利に適用可能である。この他、一般光学や微小光学分野、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等にも適用することが可能である。

【0017】

最初に、光電着法を用いて光導波路を作製する方法について説明する。この方法で用いる光導波路作製基板は、絶縁性基板上に導電性薄膜および光半導体薄膜をこの順に積層したもので、絶縁性基板としては、ガラス板、石英板、プラスチックフィルム、エポキシ基板等が、導電性薄膜としてはITO、酸化インジウム、ニッケル、アルミニウム等が、また、光半導体薄膜としては、以下で述べるような酸化チタン薄膜等が用いられる。なお、絶縁性基板を通して光半導体薄膜に光照射する場合には、絶縁性基板および導電性薄膜は光透過性であることが必要である。ただし、電着液を通して光照射する場合はこの限りでない。

また、電着液は以下で述べる電着法と共通であるので、まとめて後述する。

【0018】

本発明において「選択領域」とは、光導波路作製基板の部分的領域だけでなく、全面領域をさすことがあり、たとえば、クラッド層を前記基板に対し全面に形成する場合には、全面に光照射することを意味する。

本発明の方法によりコア層および／またはクラッド層を作製することができる。

また、本発明においてクラッド層およびコア層を重ねて形成する場合には、クラッド形成用電着液を用い、クラッド層を形成した後、形成したクラッド層を乾燥させることなく、コア形成用電着液を用い、コア層を形成することができる。また、逆の場合もあることは勿論である。さらに、クラッド層—コア層—クラッ

ド層の積層体にする場合には、前記のようにして形成したクラッド層およびコア層を乾燥させることなく、クラッド形成用電着液を用い、コア層の上にさらにクラッド層を形成することができる。光電着後、水分を除去して乾燥すると、クラッド層あるいはコア層は絶縁性であるため、その上に光電着法によりコア層あるいはクラッド層を重ねることができないが、前記のようによることにより電着膜の導電性を維持することが可能となり、コア層あるいはクラッド層の上に他の層を積層することができる。

【0019】

本発明の方法により、クラッド層およびコア層を積層して作製する場合であつて、かつクラッド層を全面に形成するには、まず、クラッド形成用電着液を用い、前記光導波路作製基板または着膜基板の選択領域（全面）に光照射することにより、クラッド層を形成した後、形成したクラッド層を乾燥させることなく、コア形成用電着液を用い、選択領域（コア形成領域）に光照射することによりコア層を形成することができる。また、このようにして形成した、クラッド層およびコア層を乾燥させることなく、クラッド形成用電着液を用い、全面に光照射することにより、コア層の上にさらにクラッド層を形成することもできる（下部クラッド層—コア層—上部クラッド層）。

さらに、前記のクラッド層を形成する場合、光照射することなく、光導波路作製基板の光半導体薄膜がもつショットキーバリアーを超える電圧を印加することによって、クラッド層を電着形成することも可能である。この方法では露光工程を省くことができ、より簡易な方法となる。

ここで、図を用いて本発明の光導波路形成法について説明する。

図1（A）ないし図1（D）は、クラッド層を基板の全面に形成する光導波路の形成工程を示す。図1（A）は光導波路作製基板の一例を示し、10は絶縁性基板、12は導電性膜、14は光半導体薄膜をそれぞれ示す。図1（B）は、光半導体薄膜の上にクラッド層用電着液を用い、全面光照射するか、あるいは光照射することなく前記光半導体薄膜がもつショットキーバリアーを超える電圧を印加することによってクラッド層16（未乾燥状態）を形成した状態を示す図である。図1（C）は、未乾燥状態にあるクラッド層の上に、コア層用電着液を用い

、選択領域に光照射することにより、選択領域にコア層18を形成した状態を示す。また、図1(D)は、未乾燥状態のコア層18の上に、クラッド層用電着液を用い、全面光照射するか、あるいは光照射することなく前記光半導体薄膜がもつショットキーバリアーを超える電圧を印加することによってクラッド層20(未乾燥状態)を形成した状態を示す図である。この後、各層を乾燥させ光導波路とする。

【0020】

次に、クラッド層を光導波路作製基板に対し全面に形成しない光導波路の作製例について図を用いて説明する。

図2(A)ないし図2(E)は、クラッド層が基板に対し全面に設けられていない場合の光導波路の作製例を示す。図2(A)は、図1(A)と同様の光導波路作製基板を示す。図2(B)は、光半導体薄膜の上にクラッド層用電着液を用い、選択領域に光照射することによって下部クラッド層16(未乾燥状態)を形成した状態を示す図である。図2(C)は、未乾燥状態にある下部クラッド層16の上に、コア層用電着液を用い、選択領域に光照射することにより、選択領域にコア層18を形成した状態を示す。また、図2(D)は、未乾燥状態のコア層18の側面に、クラッド層用電着液を用い、選択領域に光照射することにより側部クラッド層17を形成した図を示す。さらに、図2(E)は、未乾燥状態のクラッド層17およびコア層18の上に、クラッド層用電着液を用い、選択領域に光照射することにより上部クラッド層20を形成した図を示す。

【0021】

この態様においては、光導波路作製基板に対しクラッド層が存在しない部分には、さらに同様の光電着プロセスを行うことによって光導波路やマイクロレンズアレイなどの光機能部品を形成することが可能である。さらに、得られる光導波路は精度が良くかつ光導波路上部が平坦になるため、精度が良い光導波路の上部に、別プロセスにより光機能部品を設けることが容易となる。

【0022】

また、前記光電着法において、光導波路作製基板として、導電性基板の上に光半導体薄膜を設けたものを用いてもよい。導電性基板の材料としては、鉄及びそ

の化合物、ニッケル及びその化合物、亜鉛及びその化合物、銅及びその化合物、チタン及びその化合物、及びこれらの混合材料より選択される少なくとも一種を用いることができる。導電性基板としては、このほかに導電性プラスチックフィルムを用いることもできる。

また、光半導体が酸化チタンあるいは酸化亜鉛の場合、後述のような方法で形成される他、金属チタンあるいは金属亜鉛の板の表面を酸化処理することによって板の表面に光半導体薄膜を形成することができる。この場合、光導波路作製基板あるいは着膜基板は、導電性基板およびその上の光半導体薄膜から構成されることになる。

酸化処理は、空气中での高温加熱処理、陽極酸化処理などの安価な方法を用いることができ、高価なスパッタリング法を用いることなく光透過性半導体薄膜を形成することが可能となる。なお、下地金属基板の酸化処理を行っていない部分は不要な電着膜形成を避けるため絶縁膜処理を行うことが望ましい。

【0023】

次に、電着法を用いて光導波路を作製する方法について説明する。この方法においては、絶縁性基板上に導電性薄膜またはパターン状の導電性薄膜を設けた光導波路作製基板を用い、これを、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、少なくとも前記導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記導電性薄膜の上に前記材料を析出させるものである。

絶縁性基板としては光電着法の場合と同様のものが使用できる。また、パターン状の導電性薄膜は、導電性薄膜を常法によりパターン化するか、または、導電性基板に必要な部分だけ残して絶縁膜を塗布してパターン状の導電部分を露出される方法を用いてもよい。これらの基板を用いて、電着法によりクラッド層またはコア層を作製することができる。

【0024】

次に、前記のようにして形成した光導波路を他の基板に転写する方法について説明する。

まず、前記のごとき光電着法により作製した光導波路を光導波路用基板に転写する方法について説明する。光電着法により作製した光導波路、またはコア層単独あるいはクラッド層単独、あるいはクラッド層およびコア層を他の基板に転写することができる。この基板としてクラッド層としても機能する基板を用いることができる。このようにすることにより電着工程を含む全工程数を減らすことができる。ただし、コア層とクラッド層を別々に電着で作成し、転写を繰り返すことによって光導波路を形成する場合は、転写を繰り返すことになるので、コア層とクラッド層の界面の損失および導波路形状が崩れる可能性は若干増大する。

光導波路用基板としては、通常用いられるガラス基板やエポキシ基板を用いることができ、また、クラッド層としても機能する光導波路用基板としては、ポリエチレン等のポリオレフィンフィルム、ポリエステルフィルム、ポリカーボネートフィルム、アクリル樹脂フィルム、フッ素化ポリマーフィルム等を用いることができる。

【0025】

図3 (A) ないし (F) を用いて作製した光導波路を基板に転写する態様を説明する。図3 (A) は着膜基板の一例を示し、10は絶縁性基板、12は導電性薄膜、14は光半導体薄膜、13は剥離層をそれぞれ示す。この着膜基板を用い、図2 (B) ないし (E) について説明したように、下部クラッド層16、コア層18、側部クラッド層17および上部クラッド層20を形成し(図3 (B) ないし (E) 参照)、次いで、基板30を上部クラッド層20の上に重ねて載せ、加熱加圧処理をする。その後、剥離層と下部クラッド層の間で剥離して光導波路とする(図3 (F) 参照)。

【0026】

また、電着法により作製したクラッド層またはコア層を他の基板に転写することもでき、この際、該基板としてクラッド層の機能をもつものを用いることが有利である。

図4 (A) ないし (D) に、電着法によりコア層を形成し、これをクラッド層としても機能する基板に転写する態様を示す。図4 (A) 中、10は絶縁性基板、12はパターン状の導電性薄膜、13は剥離層をそれぞれ示す。次に、上記の

ようにしてパターン状の導電性薄膜12の上にコア層18を形成し(図4(B)参照)、クラッド層としても機能する基板32を得られたコア層の上に重ね、加熱加圧処理を行ない、その後、剥離層とコア層の間で剥離する(図4(C)参照)。その後、もう1枚のクラッド層としても機能する基板34をコア層18の表面に重ね同様に加熱加圧処理を行ない光導波路とする(図4(D)参照)。

【0027】

前記光電着法および電着法において、着膜基板に剥離層を設けているため、光導波路等を基板に転写する際、大きな熱や圧力を加える必要がなく、基板、光導波路等を損傷させることがない。

剥離層は、臨界表面張力が30 dyne/cm以下で、かつ電着電流に影響を与えないものが好ましい。具体的には、市販の防水用フッ素樹脂スプレー等が使用できる。またシリコン樹脂やシリコンオイルも使用できる。さらにオレイン酸などの不飽和脂肪酸などの薄膜も好適である。

【0028】

また、前記光電着法および電着法において、クラッド層およびコア層の屈折率の調節は、前記膜形成材料として異なる屈折率のものを用いる他、屈折率調節用の微粒子を電着液に添加する、あるいはこれらを組合わせることなどにより行なうことができる。これについては電着液の説明の箇所において記載する。

【0029】

以下、上記の光電着法および電着法で使用する光導波路形成用電着液について詳細に説明する。

本発明の電着液は、少なくともpHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む。1種類以上の材料がこのような電着性を持っていれば、単体では薄膜形成能力が無い種々の屈折率制御材料を電着液中に分散させても、膜形成時において前記電着性材料に取り込まれて、光導波路中に固定されることになる。

【0030】

pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料としては、カルボキシル基やアミノ基などのように、液のpHが変わる

ことにより、そのイオン解離性が変化する基（イオン性基）を分子中に有している物質を含むことが好ましい。しかし、前記材料は必ずしもイオン性基の存在が必須ではない。また、イオンの極性も問わない。

【0031】

pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料は、薄膜（光導波路）の機械的強度等の観点から、このような性質を有する高分子材料であることが好ましい。このような高分子材料としては、前記のようにイオン性基を有する高分子材料（イオン性高分子）が挙げられる。

前記イオン性高分子は、水系液体（pH調節を行った水系液体を含む。）に対して十分な溶解性あるいは分散性を有していること、また光透過性を有していることが必要である。

【0032】

また、pHの変化により水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する機能をもたせるために、分子中に親水基と疎水基を有していることが好ましく、親水基として、カルボキシル基（アニオン性基）、アミノ基（カチオン性基）等のイオン化可能性基（以下、単に「イオン化基」という）が導入されていることが好ましい。たとえばカルボキシル基を有する高分子材料の場合、pHがアルカリ性領域においてはカルボキシル基が解離状態になって水性液体に溶解し、また酸性領域においては解離状態が消失し溶解度が低下し析出する。

【0033】

前記高分子材料における疎水基の存在により、前記のようなpHの変化によってイオン解離している基がイオン性を失うこととあいまって、瞬時に膜を析出させるという機能を高分子材料に付与している。また、この疎水基は、後述する本発明の光導波路形成方法において、屈折率制御微粒子を吸着する能力があり、重合体に良好な分散機能を付与する。また、親水基として、イオン化基の他にヒドロキシ基等を挙げることができる。

【0034】

疎水基と親水基を有する重合体中の疎水基の数が、親水基と疎水基の総数の30%から80%の範囲にあるものが好ましい。疎水基の数が親水基と疎水基の総

数の30%未満のものは、形成された膜が再溶解し易く、膜の耐水性や膜強度が不足する場合があり、また疎水基数が親水基と疎水基の総数の80%より大きい場合は、水系液体への重合体の溶解性が不十分となるため、電着液が濁ったり、材料の沈殿物が生じたり、電着液の粘度が上昇しやすくなるので、前記の範囲にあることが望ましい。親水基と疎水基の総数に対する疎水基数は、より好ましくは55%から70%の範囲である。この範囲のものは、特に膜の析出効率が高く、電着液の液性も安定している。また、光起電力程度の低い電着電位で膜形成ができる。

【0035】

前記高分子材料としては、たとえば、親水基を有する重合性モノマー、疎水基を有する重合性モノマーを共重合させたものが挙げられる。

また、親水基を含む重合性モノマーとしては、メタクリル酸、アクリル酸、メタクリル酸ヒドロキシエチル、アクリルアミド、無水マレイン酸、フマル酸、プロピオル酸、イタコン酸、などおよびこれらの誘導体が用いられるが、これらに限定されるものではない。中でも特に、メタクリル酸、アクリル酸はpH変化による着膜効率が高く、有用な親水性モノマーである。

また、疎水基を含む重合性モノマー材料、アルケン、スチレン、 α -メチルスチレン、 α -エチルスチレン、メタクリル酸メチル、メタクリル酸ブチル、アクリロニトリル、酢酸ビニル、アクリル酸エチル、アクリル酸ブチル、メタクリル酸ラウリル、などおよびこれらの誘導体が用いられるが、これらに限定されるものではない。特に、スチレン、 α -メチルスチレンは疎水性が強いために、再溶解に対するヒステリシス特性を得やすく有用な疎水性モノマーである。

本発明の光導波路形成方法において用いる高分子材料としては親水基含有モノマーとしてアクリル酸またはメタクリル酸を、疎水基含有モノマーとしてスチレンまたは α -メチルスチレンを用いる共重合体が好ましく用いられる。

【0036】

本発明の光導波路形成方法において利用される高分子材料は、このような親水基および疎水基をそれぞれ含む重合性モノマーを、好ましくは、高分子中の親水基と疎水基の数の割合が前記のごとき比率となるように共重合させた高分子材料

であり、各親水基及び疎水基の種類は1種に限定されるものではない。

【0037】

また、本発明において用いる高分子材料には、架橋性基を導入することにより架橋可能な高分子材料とすることができ、光導波路形成後に熱処理を行って架橋し、光導波路の機械的強度や耐熱性を向上させることができる。

【0038】

架橋性基としてはエポキシ基、ブロックイソシアネート基（イソシアネート基に変化しうる基を含む）、シクロカーボネート基、メラミン基等が挙げられる。したがって、前記高分子材料として、たとえば架橋性基を有する重合性モノマー、親水基を有する重合性モノマー、疎水基を有するモノマーを共重合させたものが好適に用いられる。

前記架橋性基を有する重合性モノマーとしては、たとえばグリシジル（メタ）アクリレート、（メタ）アクリル酸アジド、メタクリル酸2-（O-〔1'-(メチルプロピリデンアミノ)カルボキシアミノ〕エチル（昭和電工（株）製、商品名：カレンズMO1-BN）、4-（(メタ)アクリロイルオキシメチル）エチレンカーボネート、（メタ）アクリロイルメラミン等が挙げられる。これらの架橋性モノマーは、用いるモノマーの種類によっても異なるが、一般的に電着性高分子化合物中1～20モル%含まれる。

【0039】

前記高分子材料の重合度は、6,000から25,000のものが良好な着膜膜を得る高分子材料となる。より好ましくは、重合度が9,000から20,000の材料である。重合度が6,000より低いと再溶解し易くなる。重合度が25,000より高いと、水系液体への溶解性が不十分となり、液体が濁ったり沈殿物が生じたりして問題を生じる。

【0040】

また、前記高分子材料がカルボキシル基等のアニオン性基を有している場合、この高分子材料の酸価は、60から300の範囲において良好な電着特性が得られる。特に90から195の範囲がより好ましい。前記酸価が60より小さいと、水系液体への溶解性が不十分となり、電着液の固形分濃度を適正値まで上げる

ことができなくなったり、液体が濁ったり沈殿物が生じたり、液粘度が上昇したりし問題が生じる。また、酸価が300を超えると、形成された膜が再溶解しやすいので、前記範囲が適切である。

【0041】

また前記高分子材料は、それが溶解している電着液のpH値の変化に応じて、溶解状態あるいは分散状態から上澄みを発生して沈殿を生じる液性変化が、pH範囲領域2以内で生じることが好ましい。前記のpH範囲領域が2以内であると、急峻なpH変化に対しても瞬時に電着膜の析出が可能となり、また析出する電着膜の凝集力が高く、電着液への再溶解速度が低減するなどの効果が優れている。そしてこのことにより、低い透過損失と高い解像度を有する光導波路が得られる。

前記pH範囲領域が2より大きい場合は、十分な薄膜構造を得るための電着速度の低下や、電着膜の耐水性の欠如（解像度の低下を招く）などが起こりやすい。より好ましい特性を得るには、前記pH範囲領域が1以内である。

【0042】

さらに、前記のごとき高分子材料が溶解した状態の電着液は、pH値の変化に対して沈殿を生じる状態変化が急峻に生じることの他に、さらに、再溶解しにくいという特性を有していることが好ましい。この特性はいわゆるヒステリシス特性といわれるもので、たとえばアニオン性の高分子材料の場合、pHが低下することにより急激に析出が起こるが、pHが上昇しても（たとえば電着終了時等）再溶解が急激に起こらず、析出状態が一定時間保持されることを意味する。一方、ヒステリシス特性を示さないものは、pHがわずかに上昇しても溶解度が上昇し、析出膜が再溶解しやすい。

【0043】

上記のごとき特性を有する高分子材料は、親水基と疎水基の種類、親水基と疎水基のバランス、酸価、分子量等を適宜、調節することにより得られる。本発明の電着液に含まれる高分子材料は、薄膜の形成効果を損なわない限りにおいて、上で述べたような材料を任意に組み合わせることができ、2種類以上のアニオン性分子の混合物のような同極性分子の混合物、あるいはアニオン性分子とカチオ

ン性分子の混合物のような異極性分子の混合物が挙げられる。

【0044】

次に電着液の導電率について説明する。導電率は電着スピードいいかえれば、電着量に関連しており、導電率が高くなればなるほど一定時間に付着する電着膜の膜厚が厚くなり約20mS/cmで飽和する。従って、高分子材料だけでは導電率が足りない場合には、電着に影響を与えないイオン、例えばNH₄⁺イオンやCl⁻イオンを加えてやることで電着スピードをコントロールすることができる。通常、電着液は、支持塩を加えて導電率を高める。電気化学で、一般的に使われる支持塩はNaCl、やKCl等のアルカリ金属塩や、塩化アンモニウム、硝酸アンモニウム、テトラエチルアンモニウムパークロレート(Et₄NC₁O₄)等のテトラアルキルアンモニウム塩が用いられる。本発明でもこれらの支持塩を使用できる。

しかし、アルカリ金属は、薄膜トランジスタの特性に悪影響を及ぼすため、薄膜トランジスタを設けた基板に重ねて光導波路を形成する場合には、これを含む電着液は利用できない。そこで、このような場合にはNH₄ClやNH₄NO₃等のアンモニウム塩や、Et₄NC₁O₄、n-Bu₄NC₁O₄、Et₄NBF₄、Et₄NBr、n-Bu₄NBr等のテトラアルキルアンモニウム塩を用いることが好ましい。このような化合物は電着中に存在しても、トランジスタ特性に悪影響を及ぼさない。

【0045】

また、電着液のpHも当然ながら薄膜の形成に影響する。例えば、薄膜形成前には電着性分子の溶解度が飽和するような条件で電着を行えば薄膜形成後には再溶解しにくい。ところが、未飽和状態の溶液のpHで膜の形成を行うと、薄膜が形成されても、光照射をやめた途端に膜が再溶解し始める。従って、溶解度が飽和するような溶液のpHで薄膜の形成を行うほうが望ましいことから、所望のpHに酸やアルカリを用いて電着液を調整する必要がある。

【0046】

以上において説明した電着性高分子は、屈折率1.4~1.6の範囲であり、析出状態で透明であり、光導波路に用いられる波長0.8~1.6μmにおける

吸収がないため、光導波路材料として好適である。

また電着液として水に溶解した状態でも紫外線を吸収しないため、電着液を通して光半導体に対してパターン紫外線を照射できる。さらに5V以下の低電位で電着できるため、光半導体による光起電力により電着パターンを形成することが可能である。

【0047】

たとえば、同じ電着性高分子を用いてコア層とクラッド層を形成する場合、コア層とクラッド層の屈折率に差を生じさせる方法は以下のとおりである。

- ① クラッド層用電着液として、前記のごとき電着性高分子を含むものを用い、一方、コア形成用電着液として、前記電着性高分子に加えて、前記電着性高分子より屈折率が高い微粒子を分散させたものを用いる。
- ② コア層用電着液として、前記のごとき電着性高分子を含むものを用い、一方、クラッド形成用電着液として、前記電着性高分子に加えて、前記電着性高分子より屈折率が低い微粒子を分散させたものを用いる。
- ③ コア層用電着液として、前記のごとき電着性高分子に加えて、前記電着性高分子より屈折率が高い微粒子を分散させたものを用い、かつクラッド層用電着液として、前記電着性高分子に加えて、前記電着性高分子より屈折率が低い微粒子を分散させたものを用いる。

また、屈折率が異なる電着性高分子材料を2種用い、あるいはこれにさらに屈折率調整用の微粒子を適宜用いることにより、クラッド層およびコア層の屈折率を調整することも可能である。

【0048】

次に、電着液に加える、層の屈折率調整のための微粒子について説明する。

前記微粒子の数平均粒子径としては、電着液への分散性及び電着膜の透明性の観点から、0.2~150nmが好ましく、10~80nmがより好ましい。前記数平均粒子径が、0.2nm未満であると、製造時のコストが高くなると共に、安定した品質が得られないことがあり、150nm（すなわち通信で使用する波長帯である1.5μmの1/10）を超えると、透明性の低下や内部の乱反射を招き、内部損失が増大する。

コア層用電着液に加える高屈折率の微粒子としては酸化チタンや酸化亜鉛などが挙げられ、クラッド層用電着液に加える低屈折率の微粒子としては弗化マグネシウムに代表されるフッ素化合物などの材料が挙げられる。

【0049】

次に、本発明における光半導体薄膜について説明する。光電着法に用いられる光半導体薄膜としては、基本的には、光照射により起電力を発生する透明薄膜半導体であれば全て使用できる。具体的には、前記半導体としてGaN、ダイヤモンド、c-BN、SiC、ZnSe、TiO₂、ZnOなどがある。中でも酸化チタンは吸収が400nm以下にしかないので、好ましく用いられる。

基板に酸化チタン半導体薄膜を設ける方法としては、熱酸化法、スッパタリング法、電子ビーム蒸着法（EB法）、イオンプレーティング法、ゾル・ゲル法、などの方法があり、これらの方法によりn型半導体として特性の良いものが得られる。

ただし、基板が耐熱性の低いもの、たとえば、プラスチックフィルムの場合や、TFTを設けた基板に重ねて光導波路を形成する場合には、プラスチックフィルムやTFTに悪影響を与えない成膜法を選択する必要がある。ゾル・ゲル法は、光半導体として光学活性が高い酸化チタンを形成できるが、500度で焼結させる必要があるため200℃程度の耐熱性しかもたないプラスチックフィルム基板を用いる場合や、250℃以上に加熱することができないTFTを設けた基板上に酸化チタン膜を作製することは困難である。

したがって、プラスチックフィルム基板を用いる場合には、なるべく低温で、できれば200度以下で製膜することが可能であり、また比較的基板に対するダメージが小さい成膜方法であるスパッタリング法、特にRFスパッタチング法が好ましく用いられる。（電子ビーム法やイオンプレーティング法は、200℃前後で基板を加熱するので好ましくない。）

【0050】

TFTを設けた基板を用いる場合には、スパッタリングや電子ビーム加熱法を用いたり、あるいは光触媒酸化チタン微粒子を分散させた薄膜形成用の塗布液（TOTO（株）や日本曹達（株）など）を使用して（フォトレジストを用いるリフ

トオフ法など)、低温で酸化チタン薄膜を形成する方法が適用される。

また、光学活性の高いアナターゼ型の酸化チタン薄膜を形成するにはR Fスパッタチング法を用いるのが好ましく、高い光起電力が得られる。

光半導体薄膜の厚みは、0.05 μmから3 μmの範囲が良好な特性が得られる範囲である。0.05 μm未満では光の吸収が不充分となりやすく、また、3 μmを超えると膜にクラックが生ずるなどの成膜性が悪くなりやすいので、前記範囲が適切である。

また、光半導体薄膜が酸化チタンや酸化亜鉛の場合には、前記のごとくチタンあるいは亜鉛の板を酸化することにより表面に光半導体薄膜を設けた基板を作製することができる。

【0051】

次に、本発明の光導波路製造装置について説明する。

本発明の光電着法において、光半導体薄膜に選択的に光を照射する方法は特に限定されるものではなく、フォトマスクを用いる方法の他、レーザ露光が挙げられるが、精度と取り扱いの点からみて、フォトマスクを用いることが好ましい。

図5は、フォトマスクを用い、光電着法により光導波路を形成する光導波路製造装置を示す概念図である。図5で示す光導波路製造装置は、紫外線を照射するための光源(図示せず)、第一の結像光学レンズ72と、第二の結像光学レンズ73を有する結像光学系、第一の結像光学レンズと第二の結像光学レンズの間に挿入したフォトマスク71、電着液を収納した電着槽80、ポテンショスタットのごとき電圧印加のための手段90、対向電極91、飽和カロメル電極のごときリファレンス電極92を備えている。また、前記の光導波路製造装置において前記結像光学系に代え、ミラー反射光学系を使用することも可能である。そして、図5で示すように、前記装置に光導波路作製基板を、電着槽に配置させて使用する。前記のごとき投影光学系を用いることにより、光半導体薄膜にパターン露光を結像させることができ、短い露光時間で光導波路の解像度を向上させることができる

【0052】

また、前記結像光学系の結像光学レンズと光透過性の基板面との距離を1mm

～50cmにすることが取り扱いの点からみて好ましく、結像光学系の焦点深度は±10～±100μmの範囲であることが精度と取り扱いの点から好ましい。

【0053】

また、フォトマスクと光半導体薄膜が近接している場合、前記のごとき結像光学系やミラー反射光学系を有する露光装置を備えた装置を用いる必要はなく、平行光あるいは密着型の露光装置により光照射をすることができる。照射光源としてはたとえば、Hg-Xeの均一照射光源を用いることができる。たとえば、図6に示すように、Hg-Xe均一照射光源75を用い、フォトマスク71を液面に極く近接して置き、光導波路作製基板を前記フォトマスクの近くに配置することにより微細なパターン形成が可能となる。この場合、光導波路作製基板上の電着液の水深はなるべく浅いことが望ましい。

この他に、絶縁性基板を通して光半導体薄膜に露光する場合には、絶縁性基板を0.2mm以下にして光の回折を防ぎ、また、該基板にフォトマスクを密着させて露光することにより、解像度に優れたパターンが得られる。0.2mm以下の絶縁性基板としてはプラスチックフィルムが好適に用いられる。

【0054】

もちろん、露光時間が長時間でもかまわないならば安価な走査型レーザー書き込み装置によっても光照射は可能である。図7は、レーザ光により選択領域に光照射する装置を示す概念図である。He-Cdレーザ等のレーザ光照射のための走査型レーザー書き込み装置78、電着液を収納した電着槽80、ポテンショスタットのごとき電圧印加のための手段90、対向電極91、飽和カロメル電極のごときリファレンス電極92を備えている。

この他に、パターン解像度の許す範囲ならばより安価なプロキシミティ型露光装置も使用可能である。

光電着法において、露光は、光導波路作製基板または着膜基板の絶縁性基板側からでも、光半導体薄膜側からでもよい。光半導体薄膜側から露光する場合には、前記基板は電着液中に浸漬されることになるが、本発明において用いられる電着液は、照射光として用いられる紫外線を吸収しないため、電着液を通して光半導体薄膜に露光することができる。図5は、露光を絶縁性基板側から行なう場合

を、図6および図7は光半導体薄膜側から行なう場合を示す。

また、光電着法において、光半導体により電着に充分な起電力が得られる場合には、電圧印加装置によりバイアス電圧を印加する必要はない。

【0055】

さらに、図8は、電着法により光導波路を作製する装置の概念図を示し、この装置は、電着液を収納した電着槽80、ポテンショスタッフのごとき電圧印加のための手段90、対向電極91、飽和カロメル電極のごときリファレンス電極92を備えている。この図は、導電性の膜を基板に対し全面に設け、クラッド層を形成することを示している。

前記図5ないし図8において、電圧印加装置を導電性薄膜に連結しているが、光電着法においては、光半導体薄膜が作用電極として機能している。

【0056】

【実施例】

以下に実施例を示し本発明をさらに具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

実施例1

この例では、図1(E)に示すような構造を有する光導波路の作製例を示す。
(クラッド層を形成する場合には光照射をせず、光半導体のショットキーバリアーを超す電圧を印加する。)

(1) コア形成用電着液の調製

純水100gに、スチレンーアクリル酸共重合体(分子量13,000、疎水基/(親水基+疎水基)のモル比65%、酸価150) (以下、「電着性高分子材料A」と称する。) 5gと、直径10nmの酸化チタン0.5gを分散混合し、さらに180mmol/1の割合でジメチルアミノエタノール(水可溶で、沸点110℃以上かつ蒸気圧100mHg以下の液体)を加え、更にテトラメチルアンモニウムハイドロオキサイドおよび塩化アンモニウムを用いてpH7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをコア形成用電着液とした。

(2) クラッド形成用電着液の調製

前記(1)と同様に、純水100gに前記電着性高分子材料A 5gを分散混合し

さらに180mmol/lの割合でジメチルアミノエタノールを加え、更にテトラメチルアンモニウムハイドロオキサイドおよび塩化アンモニウムを用いてpH 7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをクラッド形成用電着液とした。

(3) 光導波路作製基板の作製

厚さ0.5mmの無アルカリガラス基板(7059ガラス)にITOの透明導電膜をスパッタリング法で100nm製膜し、さらに200nmのTiO₂をRFスパッタリング法で製膜した。

(4) 光導波路の作製

図8で示すような電気化学で一般的な三極式の配置において、クラッド形成用電着液を電着液とし、飽和カロメル電極に対しTiO₂電極を作用電極として利用し、作用電極に印可するバイアス電圧を3Vとして30秒間印加したところ、TiO₂表面全面に厚み20μmの下部クラッド層が形成された。

次にクラッド層を乾燥することなく、電着液をコア形成用電着液に入れ替えて、図6に示すような山下電装製近接型露光装置(波長365nmの光強度50mW/cm²)とコア用フォトマスクを用い、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにした状態で基板上側から電着液を通して紫外線を10秒間照射すると、TiO₂表面の光が照射された領域だけに厚み5μm、幅5μmのコア層が形成された。

次にクラッド層およびコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、作用電極に印可するバイアス電圧を3Vとして30秒間印加したところ、TiO₂表面全面に厚み20μmの上部クラッド層が形成された。

基板を液槽から取り出し、純水で洗浄後クリーンエアーで乾燥させて、光導波路基板を完成させた。

得られた光導波路を、ダイシングソーによって50mmの長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで1dB程度の透過損失であることがわかった。

【0057】

実施例2

この例では、図2(E)で示すような構造の光導波路を作製した。

実施例1と同じ組成のクラッド形成用およびコア層形成用電着液および光導波路作製基板を用いた。図5に示すような電気化学で一般的な三極式の配置において、クラッド形成用電着液を電着液とし、飽和カロメル電極に対し TiO_2 電極を作成電極として利用し、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにして基板の裏側から紫外線を照射する。紫外線は、ウシオ電気製のプロジェクション型露光装置を使用した（波長365nmの光強度50mW/cm²）。プロジェクション型露光装置は、下部クラッド用フォトマスクに一旦結像し、更に光学レンズを介して基板の裏面である酸化チタン表面に結像するように調節した。この装置で5秒間露光したところ、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み20μm、幅5μmの下部クラッド層が形成された（図2（B）参照）。

【0058】

次にクラッド層を乾燥することなく、電着液をコア形成用電着液に入れ替えて、フォトマスクをコア用のものに代えて、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにして基板の裏側から紫外線を5秒間照射すると、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み5μm、幅5μmのコア層が形成された（図2（C）参照）。

【0059】

次にクラッド層およびコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、フォトマスクを側面クラッド形成用のものに代えて、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにして基板の裏側から紫外線を5秒間照射すると、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み5μmの側面クラッド層が形成された（図2（D）参照）。

次にクラッド層およびコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、フォトマスクを上部クラッド用のものに代えて、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにして基板の裏側から紫外線を20秒間照射すると、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み20μmの上部クラッド層が形成された（図2（E）参照）。

基板を液槽から取り出し、純水で洗浄後クリーンエアーで乾燥させて、光導波路基板を完成させた。

得られた光導波路を、ダイシングソーによって50mmの長さに切り出し挿入

損失を測定したところ、波長0.85 μmで1 dB程度の透過損失であることがわかった。

得られた光導波路は、精度が良くまたその上部は平坦であった。クラッド層が存在しない部分には、さらに同様の光電着プロセスを行うことによって光導波路やマイクロレンズアレイなどの光機能部品を形成することが可能であった。さらに光導波路上部が平坦になるため、別プロセスにより、光導波路上部に光機能部品を形成することも容易であった。

【0060】

実施例3

この例では、光半導体薄膜である酸化チタンをチタンの酸化処理により形成し、(図1 (D))で示す構造と同様の構造を有する光導波路を作製する例を示す。

(1) クラッド形成用電着液の調製

純水100gに、電着性高分子材料A 5gと、直径10nmの弗化マグネシウム微粒子(屈折率1.38)1gを分散混合し、さらに180mmol/1の割合でジメチルアミノエタノールを加え、更に水酸化ナトリウムおよび塩化ナトリウムを用いてpH 7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをクラッド形成用電着液とした。

(2) コア形成用電着液の調製

純水100gに、電着性高分子材料A 5gを分散混合し、これに180mmol/1の割合でジメチルアミノエタノールを加え、更に水酸化ナトリウムおよび塩化ナトリウムを用いてpH 7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをコア形成用電着液とした。

(3) 光導波路作製基板の作製

厚さ0.5mmの金属チタン板の表面に高熱をかける酸化処理を行い、厚さ1000nmの酸化チタン層を形成し、これを光導波路作製基板とした。また、酸化チタン層以外の部分をエポキシ樹脂で絶縁した。

(3) 光導波路の作製

図8に示すような電気化学で一般的な三極式の配置において、クラッド形成用電着液を電着液とし、飽和カロメル電極に対しTiO₂電極を作用電極として利用し

、作用電極に印可するバイアス電圧を3Vとして20秒間印加したところ、 TiO_2 表面全面に厚み20 μm の下部クラッド層が形成された。

次にクラッド層を乾燥することなく、電着液をコア形成用電着液に入れ替えて、図6に示すような山下電装製近接型露光装置(波長365nmの光強度50mW/cm²)とコア用フォトマスクを用い、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにした状態で基板上側から電着液を通して紫外線を8秒間照射すると、 TiO_2 表面に光が照射された領域だけ厚み5 μm のコア層が形成された。

次にクラッド層とコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、図8に示すような装置で作用電極に印可するバイアス電圧を3Vとして20秒間印加したところ、 TiO_2 表面全面に厚み20 μm の上部クラッド層が形成された。

基板を液槽から取り出し、純水で洗浄後クリーンエアーで乾燥させて、光導波路基板を完成させた。

得られた光導波路を、ダイシングソーによって50mmの長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85 μm で1dB程度の透過損失であることがわかった。

【0061】

実施例4

この例では、光半導体薄膜である酸化亜鉛を亜鉛の陽極酸化処理により形成し、(図1(D)で示す構造と同様の構造を有する光導波路を作製する例を示す。

(1) クラッド形成用電着液の調製

純水100gに、電着性高分子材料A5gと、直径10nmの弗化マグネシウム微粒子(屈折率1.38)0.5gを分散混合し、これに180mmol/1の割合でジメチルアミノエタノールを加え、更に水酸化ナトリウムおよび塩化ナトリウムを用いてpH7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをクラッド形成用電着液とした。

(2) コア形成用電着液の調製

純水100gに、電着性高分子材料A5gと、直径10nmの酸化チタン微粒子(屈折率2.3)0.25gを分散混合し、これに180mmol/1の割合で

ジメチルアミノエタノールを加え、更に水酸化ナトリウムおよび塩化ナトリウムを用いてpH 7.8、導電率12mS/cmになるように調整し、これをコア形成用電着液とした。

(3) 光導波路作製基板の作製

光導波路作製基板として、表面を陽極酸化処理して、厚み1000nmの酸化亜鉛層を積層した亜鉛板を用いた。また、酸化亜鉛層以外の部分をエポキシ樹脂で絶縁した。

(3) 光導波路の作製

図8に示す電気化学で一般的な三極式の配置において、クラッド形成用電着液を電解液とし、飽和カロメル電極に対し酸化亜鉛層を作用電極として利用し、作用電極に印可するバイアス電圧を3Vとして30秒間印加したところ、酸化亜鉛表面全面に厚み20μmの下部クラッド層が形成された。

次にクラッド層を乾燥することなく、電着液をコア形成用電着液に入れ替えて、図7に示すような走査ステージにより走査可能なHe-Cdレーザー（波長331nmの光強度10mW/cm²）を用い、作用電極に印可するバイアス電圧を1.8Vにした状態で基板上側から電着液を通してHe-Cdレーザーを毎秒1mmの速度で走査すると、酸化亜鉛表面に光が照射された領域だけ厚み5μmのコア層が形成された。

次にクラッド層およびコア層を乾燥することなく、電着液をクラッド形成用電着液に入れ替えて、作用電極に印可するバイアス電圧を3Vとして30秒間印加したところ、クラッド層およびコア層の表面全面に厚み20μmの上部クラッド層が形成された。

基板を液槽から取り出し、純水で洗浄後クリーンエアーで乾燥させて、光導波路基板を完成させた。

得られた光導波路を、ダイシングソーによって50mmの長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで1dB程度の透過損失であることがわかった。

【0062】

実施例5

この例では、光電着・転写法を用いて、図3(F)と同様の構造を有する光導

波路を作製する例を示す。

(1) 着膜基板の作製

厚さ1mmのパイレックスガラス板にITOの透明導電膜をスパッタリングで200nm製膜し、さらに300nmのTiO₂をRFスパッタリング法で製膜した。TiO₂の上に、オレイン酸1%溶液（酢酸エチル溶媒）を4000rpmで20秒、スピンドルコートすることによって、剥離層を形成した。

(2) クラッド層用およびコア層用電着液

実施例4で用いた電着液と同じ組成のものを用いた。

(3) クラッド層およびコア層の形成

実施例2と同様にして剥離層の上に、下部クラッド層—コア層—側部クラッド層—上部クラッド層を形成し（図3（B）ないし（E）参照）、基板を液槽から取り出し、純水で洗浄後クリーンエアーで乾燥を行った。

(4) 光導波路の転写

150°Cに熱した0.5mm厚のポリエチレンフィルムを前記光導波路表面に載せて、これらを200g/cmの線加圧状態の2本のロールの間を線速度20mm/secで加熱加圧処理を行い、その後前記剥離層と光導波路の間で剥離し、作製した光導波路をポリエチレンフィルム上に転写させた。

得られた光導波路の50mmの直線部分を切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで1.5dB程度の透過損失であることがわかった。

【0063】

実施例6

この例では、光電着・転写法を用いて、図1（D）で示す構造の光導波路を作製する例を示す。

この例では、

(1) 着膜基板の作製

厚さ0.3mmのポリイミドフィルム上に、ITOの透明導電膜をスパッタリング法で200nm製膜し、さらに300nmのTiO₂をRFスパッタリング法で製膜した。TiO₂の上に、シリコンオイル0.5%溶液（溶媒ヘキサン）を用いてディップコート（引き上げ速度20mm/s）を行い、剥離層を形成した。

(2) クラッド層用およびコア層用電着液

実施例1で用いた電着液と同じ組成のものを用いた。

(3) クラッド層およびコア層の形成

実施例1と同様にして前記剥離層の上に、クラッド層—コア層—クラッド層を形成し、基板を液槽から取り出し、純水で洗浄後クリーンエアーで乾燥を行った。

(4) 光導波路の転写

表面に接着層を乗せたプリント基板用のガラスエポキシ基板を光導波路表面に載せて、これらを 100 g/cm の線加圧状態の2本のロールの間を線速度 20 mm/sec で加熱加圧処理を行い、その後前記剥離層と光導波路の間で剥離し、作製した光導波路基板をガラスエポキシ基板の上に転写させた。

得られた光導波路の 50 mm の直線部分を切り出し挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で 1.5 dB 程度の透過損失であることがわかった。

【0064】

実施例7

この例では、電着・転写法により、図4 (D) で示す構造の光導波路を作製する例を示す。

(1) 着膜基板の作製

厚さ 3 mm のパイレックスガラス板に、ITOの透明導電膜をスパッタリングで 200 nm 製膜し、常法によるエッチング処理によって形成すべきコア層と同じパターンを形成した。このパターン化ITOの上に、オレイン酸1%溶液（酢酸エチル溶媒）を 4000 rpm で20秒、スピンドルコートすることによって、剥離層を形成した。

(2) コア層の形成

実施例1と同じ組成のコア層用電着液を用い、図8に示すような電気化学で一般的な三極式の配置において、コア層用電着液を電解液とし、飽和カロメル電極に対しITO膜を作用電極として利用し、作用電極に印可するバイアス電圧を3Vとして10秒間印加したところ、ITO上の領域だけ厚み $5\text{ }\mu\text{m}$ 、幅 $5\text{ }\mu\text{m}$ のコア層が形成された（図4 (B) 参照）。

基板を液槽から取り出し、純水で洗浄後クリーンエアーで乾燥を行った。

(2) コア層の転写

厚み0.2mmのポリエチレンフィルムをコア層表面に載せて、これらをローラー表面温度120度Cに加熱し 300g/cmの線加圧状態の2本のロールの間を線速度20mm/secで加熱加圧処理を行い、その後剥離層とコア層の間で剥離させ、作製したコア層をポリエチレンフィルム上に転写させた（図4（C）参照）。

さらに別途用意した厚み0.2mmのポリエチレンフィルムを転写されたコア層の上に密着させ、これをローラー表面温度170°Cに加熱し 300g/cmの線加圧状態の2本のロールの間を線速度20mm/secで加熱加圧処理を行い、2枚のポリエチレンフィルムが下部および上部クラッド層を兼ねる光導波路を完成させた（図4（D）参照）。

得られた光導波路の50mmの直線部分を切り出し挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで2dB程度の透過損失であることがわかった。

【0065】

【発明の効果】

本発明の光導波路の形成方法は、電着法および光電着法を用いるので、高電圧を印加することなく（5V以下）、微細なパターンを有する光導波路を精度よく形成することができる。また、従来の感光性樹脂を用いる光導波路の作製法では、基板に膜厚を精度よく制御して塗布する必要があり、またエッチングによりアルカリ廃液を出すなどの問題があったが、本発明によれば、光照射時間または電圧印加時間を調節することによってコア層とクラッド層の膜厚が容易に制御でき、また、パターン形成のためのエッチング処理も不用で環境に対する負荷も小さい。

このように、電着法または光電着法による本発明の光導波路の作製は簡易な方法であるので、量産化が可能で、量産性が要求される光導波路型部品の製造に有利に適用可能である。この他、一般光学や微小光学分野、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等にも適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

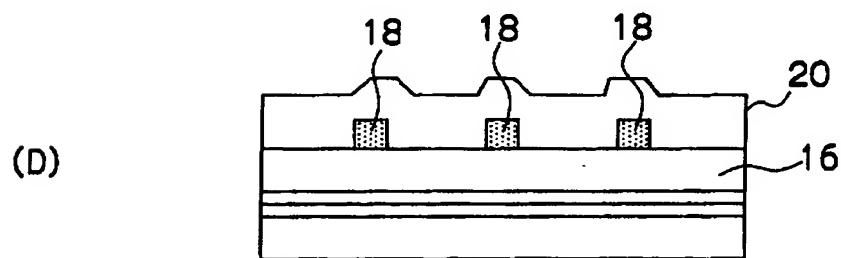
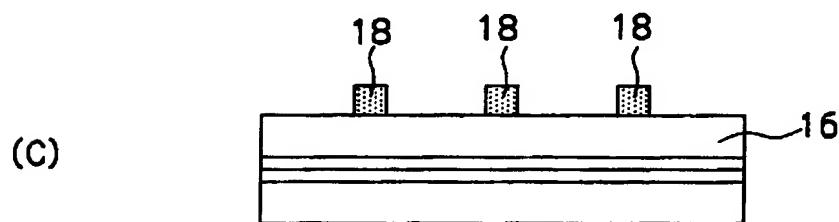
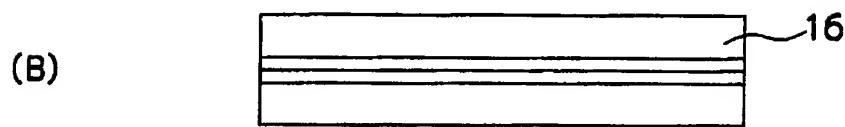
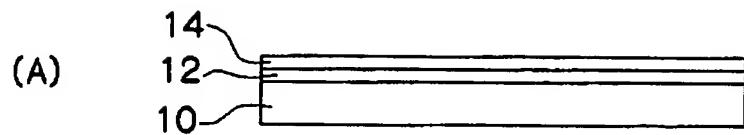
- 【図1】 実施例1における光導波路の形成過程を示す。
- 【図2】 実施例2における光導波路の形成過程を示す。
- 【図3】 実施例5における光導波路の形成過程を示す。
- 【図4】 実施例7における光導波路の形成過程を示す。
- 【図5】 プロジェクション露光装置を用いる光導波路製造装置を示す。
- 【図6】 近接型露光装置を用いる光導波路製造装置を示す。
- 【図7】 走査型レーザーによる露光装置を用いる光導波路製造装置を示す
- 。
- 【図8】 電着装置による光導波路製造装置を示す。

【符号の説明】

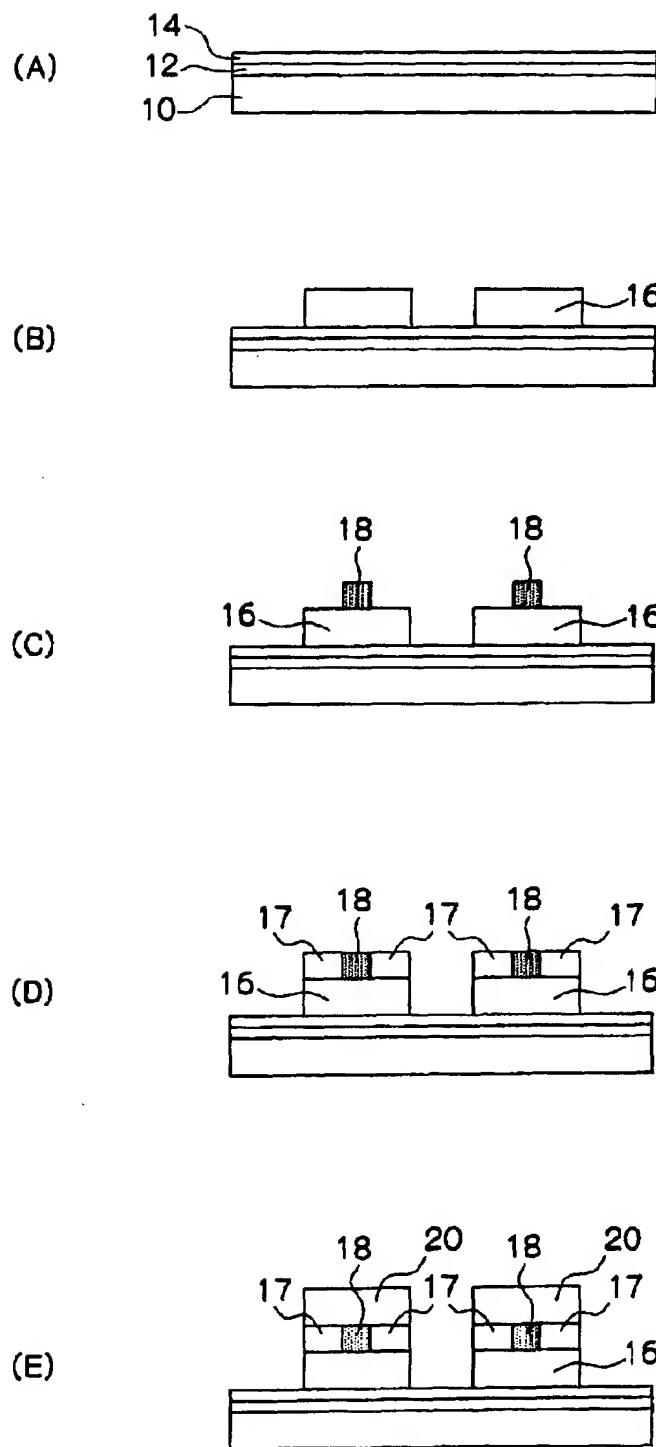
1 0	絶縁性基板
1 2	導電性薄膜
1 3	剥離層
1 4、 3 2	光半導体薄膜
1 6、 1 7、 2 0	クラッド層
1 8	コア層
3 0、 3 2、 3 4	光導波路用基板
7 1	フォトマスク
7 2、 7 3	結像光学レンズ
7 5	Hg-Xe均一照射光源
7 8	走査型レーザー書き込み装置

【書類名】 図面

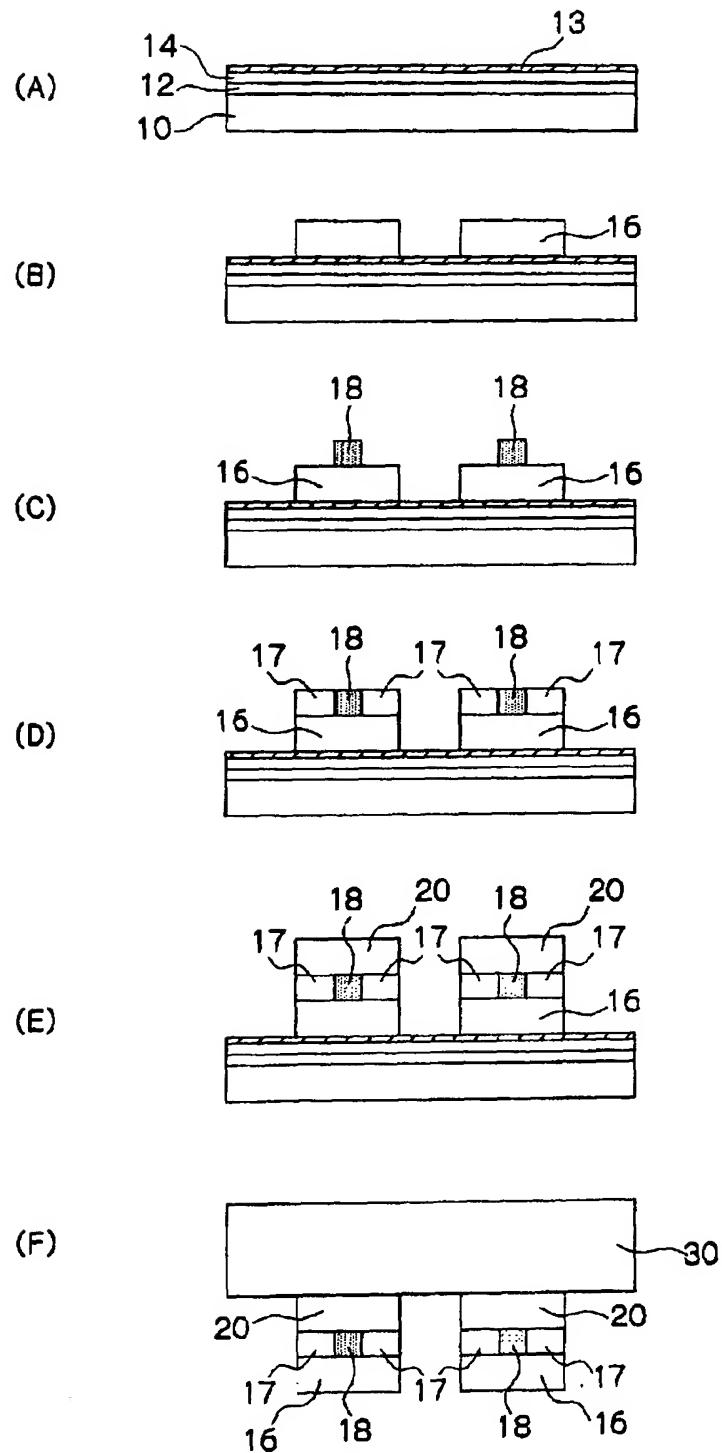
【図1】



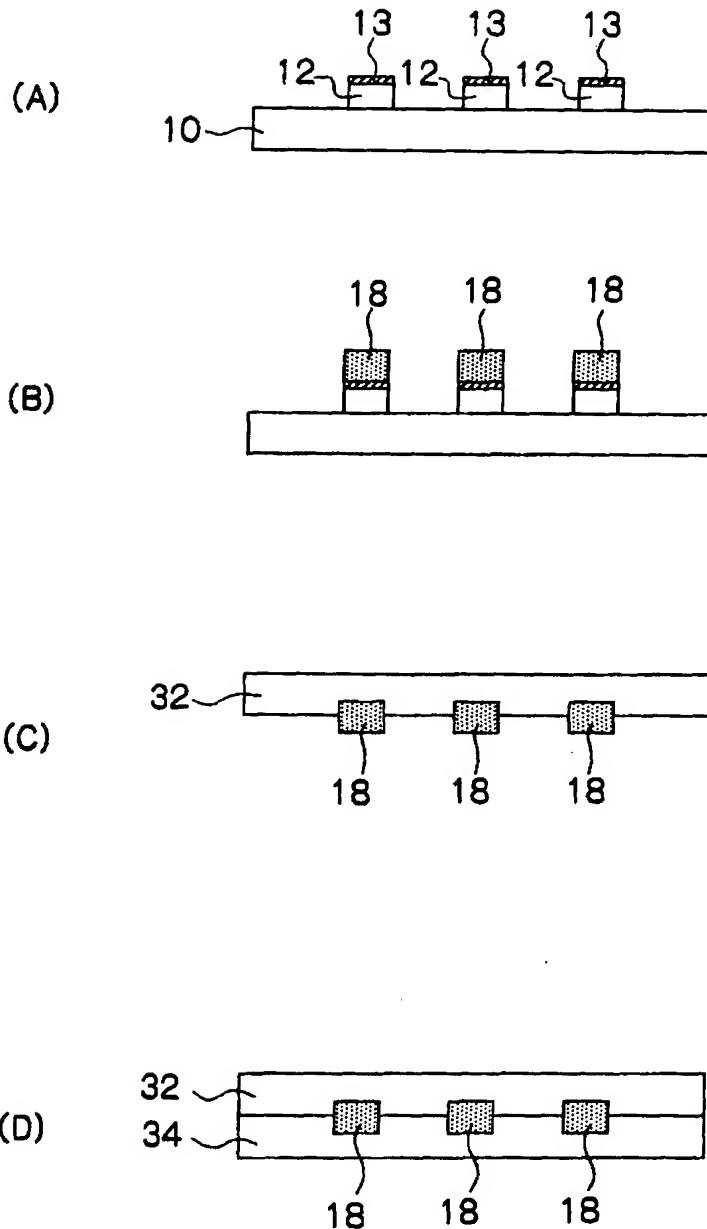
【図2】



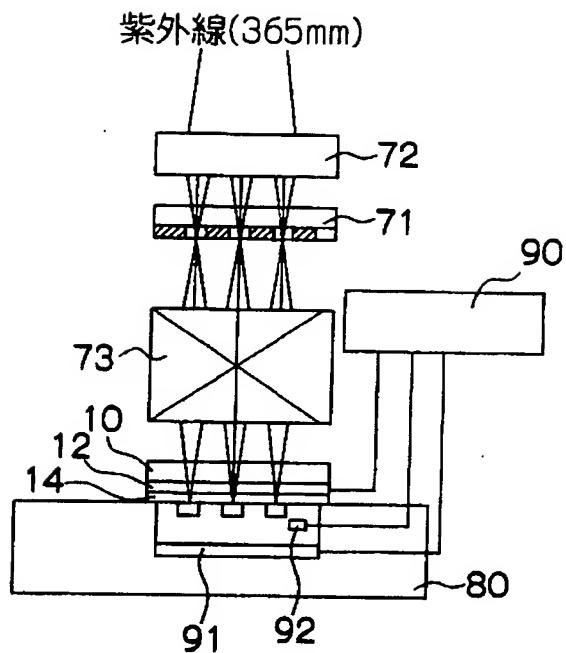
【図3】



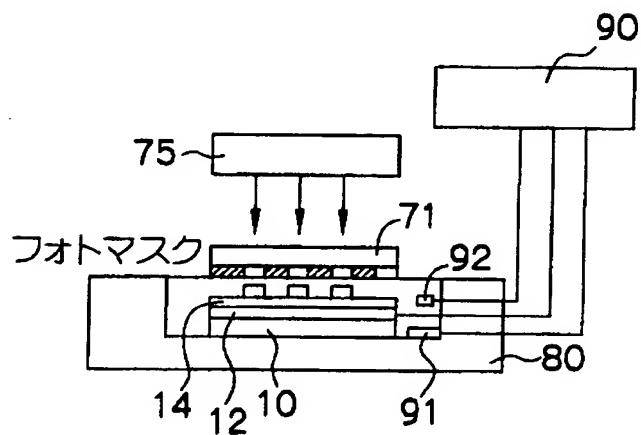
【図4】



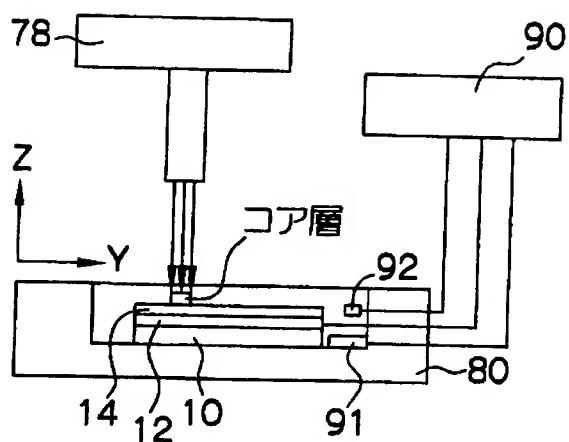
【図5】



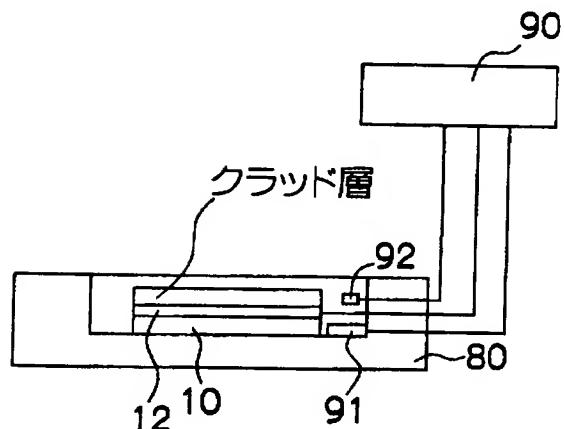
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 解像度に優れた微細パターン形成を簡易に行なえ、有害廃液が少ない、電着法または光電着法を用いることにより、精度のよい光導波路を簡易にまた量産性よく作製する方法およびその装置を提供すること。

【解決手段】 絶縁性基板上に、導電性薄膜および光半導体薄膜または導電性薄膜を積層した光導波路作製基板を、pHが変化することにより水性液体に対する溶解性ないし分散性が低下する膜形成材料を含む水系の電着液に、光半導体薄膜または導電性薄膜が電着液に接触するように配置した状態で、前記光半導体薄膜に光を照射して光半導体薄膜と対向電極の間に電圧を印加するか、あるいは導電性薄膜と対向電極の間に電圧を印加し、前記半導体薄膜または導電性薄膜の上に前記材料を析出形成させる工程、またはさらに析出した材料を他の基板に転写させる工程を含む光導波路形成方法。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000005496]

1. 変更年月日 1996年 5月29日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区赤坂二丁目17番22号

氏 名 富士ゼロックス株式会社